

## ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ ПРОГРАММНЫМИ ПРОДУКТАМИ

**А. Горб, М. Буряченко**

Навигационно-геодезический центр, Харьков

**Д. Еременко**

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, 3D-моделирование, программные продукты, обработка облака точек.

### Постановка проблемы

В настоящее время область применения геоинформационных технологий включает огромный круг задач в различных сферах человеческой деятельности. Необходимость внедрения новых технологий отвечает стремлению современного мира к оптимизации и автоматизации рабочих процессов. Таким образом, оборудование и программные продукты должны не только соответствовать текущим требованиям, но и предлагать инновационные решения. Благодаря этому конкуренция на рынке геоинформационных технологий становится все более существенной.

### Анализ последних исследований и публикаций

Достижения в области сбора данных современным оборудованием способствуют развитию программных продуктов (ПП) и их инструментария. Создание многослойных карт с огромным количеством атрибутивной информации или детальных трехмерных моделей крупных районов города сегодня становится реальным. Поэтому четкое понимание сильных и слабых сторон различных ПП является важной составляющей для успешного выполнения поставленных задач [1, 2].

### Постановка задачи

Последние несколько лет применение технологии лазерного сканирования становится все более востребованным в Украине. Множество отсканированных объектов по всей стране является подтверждением этого. С ростом популярности данной технологии все чаще возникает вопрос о выборе программного продукта для решения тех или иных задач. В данной статье Навигационно-геодезический центр (НГЦ) делится своим опытом работы с данными лазерного сканирования на базе программных решений от компании Leica Geosystems и ее партнеров.

### Изложение основного материала

#### Программный продукт Leica Cyclone

Leica Cyclone является наиболее сбалансированным и полным ПП для обработки данных наземного лазерного сканирования. Он содержит все инстру-

менты, необходимые для выполнения полного цикла работ с оборудованием Leica HDS: от управления процессом сканирования до оформления конечного результата в различных форматах. ПП Cyclone состоит из отдельных модулей, встраиваемых в единую программную оболочку. Различные модули предназначены для решения отдельных задач общего процесса обработки данных лазерного сканирования (рис. 1) [3].

Leica Cyclone имеет множество функций, которые позволяют эффективно работать с большим объемом данных. Важно отметить наличие набора инструментов, позволяющих автоматизировать процесс 3D моделирования. Создаваемые объекты могут иметь самую разнообразную геометрию: будь-то металлоконструкции, сложные поверхности, плоскости и т.п. Существует также возможность создания каталога элементов.

Создание примитива в автоматическом режиме осуществляется на основе выбранной части облака точек, которую программа анализирует на максимальное соответствие создаваемому объекту, а затем моделирует непосредственно сам примитив. Качество построения можно оценить по среднеквадратической ошибке (СКО) позиционирования. Однако при использовании этой функции величина шума измерений должна быть на порядок ниже по отношению к размеру самого объекта.

При создании примитива в полуавтоматическом режиме влияние шума на построение снижается, так как оператор предварительно проводит обработку облака путем удаления не принадлежащих объекту точек. Примитивы, созданные с помощью автоматического и полуавтоматического режимов, не всегда отвечают требованиям, например, диаметр трубы, созданной в программе, может не соответствовать стандарту. Однако инструментарий Leica Cyclone позволяет редактировать параметры примитивов в соответствии с ГОСТ либо с заданными размерами объектов. Моделирование объектов сложной формы осуществляется по частям. Объект разбивается на части, редактирование которых выполняет оператор [4, 5].

Наличие большого количества форматов данных, как для экспорта, так и для импорта, позволяет взаимодействовать с другими программными продуктами, что увеличивает число решаемых задач. Основными форматами являются: .stl, .pts, .svy, .xyz, .bmp, .tif, .jpg, .coe, .cgp, .scan, .3dd, .dxf.

Ярким примером применения ПП Cyclone в задачах архитектуры является проект по сканированию главного фасада харьковской филармонии с целью получения набора чертежей (рис. 2). История здания начинается еще с XIX века. Согласно решению Областного совета в 1996 году здание получило статус «Памятник архитектуры», а в 2013 году начались работы по его реконструкции.

Важно отметить наличие на фасаде множества сложных архитектурных элементов, многие из которых были деформированы. На момент проведения съемки вблизи здания были установлены строительные леса, что ограничило прямой доступ к объекту. В этих условиях применение технологии лазерного сканирования стало наилучшим решением.

Работа осуществлялась в два этапа: первый этап – непосредственно сканирование, второй этап – камеральная обработка данных. Сшивка сканов, чистка полученного облака точек от шумов проводилась в ПП Leica Cyclone. Экспортированные данные в формате .dxf были обрисованы в Autodesk AutoCAD (рис. 3).

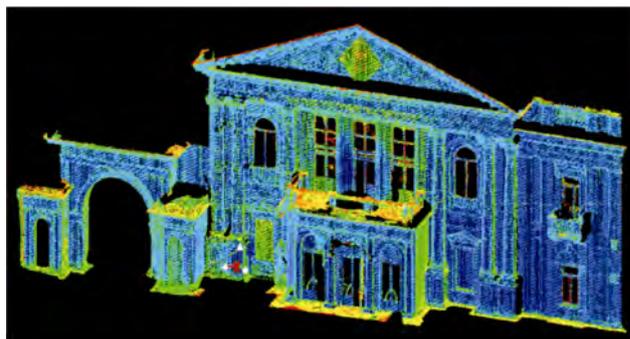


Рис. 3. Очищенное облако точек и чертеж главного фасада здания

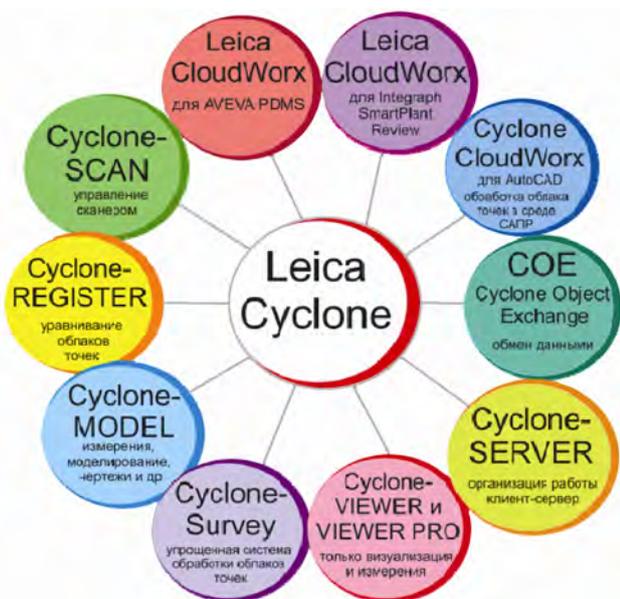


Рис. 1. Модули программного комплекса Leica Cyclone



Рис. 2. Харьковская областная филармония

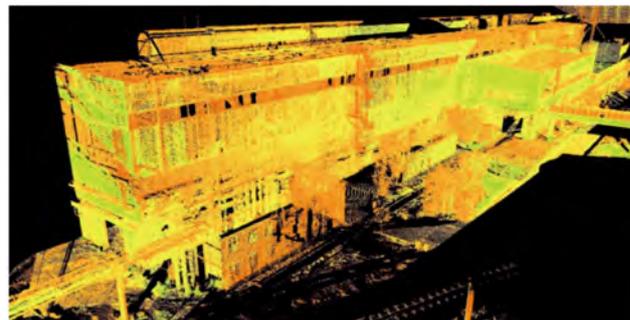


Рис. 4. Очищенное облако точек

Примером в области промышленных изысканий может служить проект по созданию 3D модели кислородно-конвертерного цеха металлургического комбината «Азовсталь». МК «Азовсталь» – один из крупнейших в Украине с полным циклом производства. В состав МК входят четыре основных производственных комплекса: коксохимическое, доменное и конвертерное производства, прокатный комплекс. Работа осуществлялась в рамках проекта по переоборудованию комплекса машин непрерывного литья заготовок № 3.

Основными целями работы являлись:

- проведение полного ЛС и фотографирования объекта;
- привязка результатов ЛС к заводской системе координат;
- создание подробной 3D модели объекта.

Работа проводилась в два этапа: на первом – фотографирование, полное ЛС и геодезическая привязка к заводской системе координат, на втором – камеральная обработка данных (сшивка сканов, чистка сшитого облака от шумов (рис. 4), создание детальной 3D модели коммуникаций и конструкций). Полный комплекс работ проводился в ПП Leica Cyclone.

Результаты представлены на рис. 5–6.

### Программный продукт Autodesk Revit

В сферах архитектуры и градостроительства существует множество успешных примеров использования ЛС, что приводит к активному развитию технологии BIM (Building Information Modeling). Данная технология позволяет реализовать подходы к получению интерактивных моделей сооружений, включающих полную информацию обо всех коммуникациях, строительных материалах, сметных данных, спецификациях и многом другом. В основе ее лежит трехмерная модель, создаваемая с помощью 3D САПР. BIM успешно применяют за рубежом уже не первый год, а в Украине этот процесс только начинается. Однако, несмотря на все трудности, все больше организаций рассматривают возможности использования BIM для своих проектов.

Использование данных лазерного сканирования совместно с проектными материалами позволяет сопоставить цифровую модель с ее реализацией на местности либо создать информационную модель уже существующих сооружений.

Одним из лидирующих программных продуктов, направленных на реализацию информационного моделирования, является Autodesk Revit. Данная программа предназначена для выполнения полного комплекса работ по проектированию зданий и сооружений архитектурного проектирования, проектирования строительных конструкций и инженерных систем. Она предлагает принципиально иной подход – цифровое моделирование объектов с последующим генерированием чертежей, вместо черчения. База данных Revit может содержать информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания: от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации. Немаловажным является то, что данный программный продукт имеет встроенный инструментальный для обработки данных ЛС. Как известно, объем данных, получаемый при сканировании, очень велик (от сотен миллионов до нескольких миллиардов точек), поэтому в моделях Revit облако точек используется не как внедренный, а как ссылочный файл [6].

Облако точек в ПП ведет себя как объект модели, отображается в различных видах моделирования (например, в 3D, на планах и в сечениях), разрезается планами, сечениями и границами 3D вида, что позволяет без труда изолировать сечения облака. Его можно выбирать, перемещать, поворачивать, копировать, удалять, симметрично отображать и т.п. (рис. 7).

Функция привязки упрощает создание модели на основе данных облака точек. Инструменты создания или изменения геометрии в Revit (“Стена”, “Сетка”, “Перекрытия”, “Повернуть”) могут быть привязаны к неявным плоским поверхностям, которые динамически определяются в облаке точек либо непосредственно к точкам в облаке.

Основной формат файла облака точек – .pcg, но данный формат не всегда доступен пользователю. Эту проблему позволяет решить дополнительный плагин Leica CloudWorx for Revit [7]. Благодаря ему доступ к

данным ЛС становится проще, поскольку достаточно просто открыть проект, созданный в Cyclone, непосредственно в Revit. Для улучшения визуализации облака точек существует возможность скрытия ненужных частей облака, которые затрудняют видимость детали, создаваемой в данный момент. Инструментарий CloudWorx for Revit позволяет моделировать трубопровод и плоскости, а также устанавливать рабочую плоскость и систему координат.

Примером использования ПП Autodesk Revit может служить проект по сканированию учебных помещений Харьковского национального университета городского хозяйства. На основе облака точек (рис. 8), была создана трехмерная модель, содержащая информацию о материалах конструкций и точно отображающая действительный вид комнаты (рис. 9).

### Программный продукт 3DReshaper

Этот ПП предназначен для построения детальных триангуляционных моделей поверхностей объектов на основании данных лазерного сканирования. Сферы применения: архитектура, строительство, шахтное строительство и тоннелестроение, геология и археология. 3DReshaper позволяет проводить мониторинг деформаций, на основе данных полученных в различные периоды времени [8].

Основными возможностями ПП 3DReshaper являются:

- очистка и фильтрация облака точек от шума;
- 3D Meshing (построение триангуляционной модели поверхности объекта с высокой степенью детализации);
- мониторинг;
- выравнивание;
- текстурирование;
- расчет объема, длины и высоты, расстояния;
- построение сечений, полилиний, контурных линий.

Созданные модели могут быть использованы непосредственно для быстрого прототипирования, анимации, формирования траектории, управления и контроля, построения разрезов [9].

Основными форматами импорта данных являются: .asc, .pts, .sdb, .dxf, .dwg, .zfs, .e57, .las, .fls, .stl, .obj.

Форматы экспорта: .stl, .obj, .msh, .dxf, .iges, .step [10].

Примером использования программного продукта 3DReshaper может служить моделирование части главного фасада здания. Основной задачей было отобразить все элементы объекта в виде 3D модели с максимальной детализацией.

Сшивка облака, его очистка от шумов, а также моделирование металлических элементов конструкции козырька были выполнены стандартными инструментами ПП Cyclone (рис. 10).

Детальная модель стены главного фасада, включающая архитектурные элементы, смоделирована методом триангуляции с помощью ПП 3DReshaper. Важно отметить полноту и высокую точность полученной модели (рис. 12).

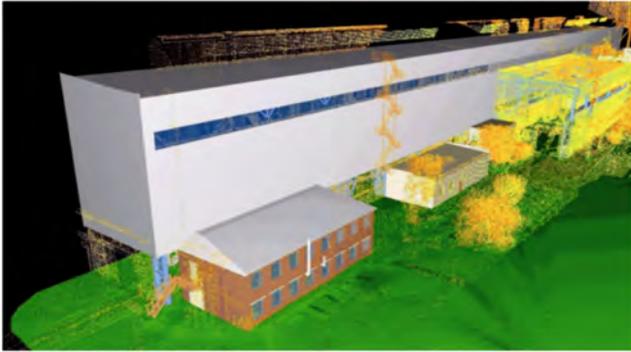


Рис. 5. 3D модель кислородно-конвертерного цеха МК "Азовсталь" (вид повністю)

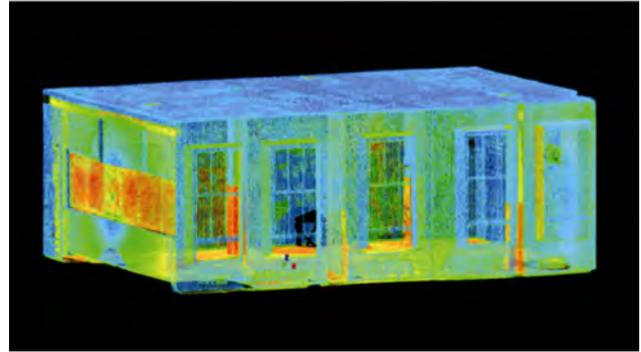


Рис. 8. Очищенне облако точок

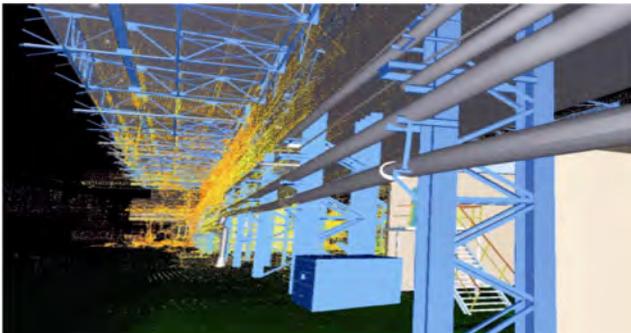


Рис. 6 а. 3D модель комунікацій



Рис. 9. Модель кімнати (Autodesk Revit)



Рис. 6 б. 3D модель конструкцій

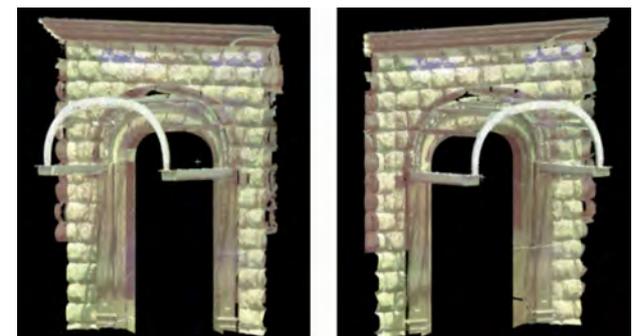


Рис. 10. Очищенне облако точок



Рис. 7. Представлення моделі по облаку точок



Рис. 11. 3D модель фасада і козырька будівлі

### Выводы

Анализ программных продуктов, представленных в статье, отображает разнообразие применения технологии лазерного сканирования. Развитие дополнительных надстроек и модулей к популярным программам создания 3D моделей говорит о востребованности технологии в этих направлениях.

Выбор же ПП определяют поставленные цели и задачи. Так, для получения подробной модели, необходимой для осуществления реконструкции или строительства, получения чертежей, больше всего подходит Autodesk Revit. Для получения детальной модели объектов со сложной морфологической формой, создания трехмерной модели рельефа подходит 3DReshaper. Leica Cyclone прекрасно решает задачи моделирования коммуникаций, конструкций, обработки облака точек (сшивка и очистка от шума), получения топопланов и многое другое.

### Литература

1. Грабченко А. Современное оборудование и программное обеспечение обратного инжиниринга промышленных изделий / А. Грабченко, В. Доброскок, С. Чернышов, Я. Гаращенко // Сборник научных работ НТУ "ХПИ": Сучасні технології в машинобудуванні. – 2010. – № 5. – С. 138–152. – Режим доступа: [http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова\\_періодика/stm/2010/5/Современное\\_оборудование\\_и\\_программное\\_обеспечение\\_обратного\\_инжиниринга\\_промышленных\\_изделий.pdf](http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/stm/2010/5/Современное_оборудование_и_программное_обеспечение_обратного_инжиниринга_промышленных_изделий.pdf)
2. Программное обеспечение, используемое для обработки данных сканирования [Электронный ресурс], НПФ Фотограмметрия, СПб, 31.08.12. – Режим доступа: <http://photogrammetria.ru/94-programmnoe-obespechenie-ispolzuemoe-dlya-ob-rabotki-dannyh-skanirovaniya.html>
3. Программное обеспечение для обработки данных сканирования Leica Geosystems [Электронный ресурс], Официальный сайт Leica Geosystems. – Режим доступа: [http://www.leica-geosystems.ru/ru/Leica-Geosystems\\_3490.htm](http://www.leica-geosystems.ru/ru/Leica-Geosystems_3490.htm)
4. Комиссаров Д. Особенности обработки результатов наземного лазерного сканирования в программном продукте Cyclone / Д. Комиссаров, О. Дементьева, Е. Миллер // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 210–212.
5. Комиссаров Д. Обзор программных продуктов для обработки данных наземного лазерного сканирования / Д. Комиссаров, А. Иванов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 205–207.
6. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/BIM%20for%20buildings\\_Autodesk.pdf](http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/BIM%20for%20buildings_Autodesk.pdf)
7. Leica CloudWorx for Revit [Электронный ресурс] – Официальный сайт Leica Geosystems. – Режим доступа: [http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-CloudWorx-for-Revit\\_97854.htm](http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-CloudWorx-for-Revit_97854.htm)
8. Juras B. The use of optical scanner in measurements of complex shape objects / B. Juras, Szewczyk D., Sladek J. // Research Journal. Advances in Science and Technology. – 2013 Sept. – Vol. 7. – № 19. – P. 48–54. – Mode of access: [http://www.astrj.com/pdf-184-171?filename=THE\\_USE\\_OF\\_OPTICAL.pdf](http://www.astrj.com/pdf-184-171?filename=THE_USE_OF_OPTICAL.pdf)
9. 3DReshaper. The 3D Software designed for Surveyors [Electronic resource] / SCCS The Survey Equipment Company. – Mode of access: <https://www.sccsurvey.co.uk/downloads/software/3dreshaper.pdf>
10. 3DReshaper [Electronic resource] – Geomatching.com. – Mode of access: <http://www.geomatching.com/products/pdf/product-2828.pdf>

### Можливості обробки даних лазерного сканування сучасними програмними продуктами

О. Горб, М. Буряченко, Д. Єрмоєнко

Розглянуто сучасні програмні продукти 3D моделювання з можливістю використання даних лазерного сканування. Проаналізовано основні можливості та функції програм. Наведено приклади їх використання.

### Возможности обработки данных лазерного сканирования современными программными продуктами

А. Горб, М. Буряченко, Д. Еременко

Рассмотрены современные программные продукты 3D моделирования с возможностью использования данных лазерного сканирования. Проанализированы основные возможности и функции программ. Представлены примеры их использования.

### Possibilities of processing laser scan data with modern software

A. Gorb, M. Buriachenko, D. Yeromenko

The article deals with modern software products for creating 3D model, based on laser scan data. Basic features and function of the programs are analyzed. Examples of their use.